

ESTRATEGIA MEDIADA POR LA METACOGNICIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE SITUACIONES ESTEQUIOMÉTRICAS

María Alejandra Ramírez Prieto*, Marco Antonio Feria Uribe**
*IED Campestre Monteverde, Universidad Externado de Colombia,
**Universidad Externado de Colombia

La presente investigación, realizada bajo un enfoque mixto, permitió determinar las dificultades que presentan los estudiantes del ciclo V de la Institución Educativa Distrital Campestre Monteverde jornada mañana respecto a la resolución de problemas de estequiometría y la forma de mitigar estas dificultades con el diseño de una secuencia didáctica mediada por la metacognición a partir del método de Mason. La propuesta se elaboró con el fin de mejorar la apropiación del concepto de proporcionalidad y su relación con la asignatura de química. Luego de la validación del problema y del diagnóstico, se aplicaron 6 actividades de una secuencia didáctica. Se evidenciaron resultados de las fases aplicadas en el proceso de investigación-acción a partir de la construcción de una matriz categorial y una matriz de análisis de resultados, según los criterios establecidos para la evaluación por indicador aplicado. Se describe el proceso de diseño de la secuencia y la evaluación del proceso de investigación.

Palabras clave: Resolución de problemas, método Mason, proporcionalidad, estequiometría, metacognición.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tuvo como principal objetivo mostrar cómo incide la aplicación de una estrategia mediada por la metacognición para resolver problemas de proporcionalidad en la enseñanza de la estequiometría como rama de la química. Asimismo, se identificaron algunas dificultades que presentaban los estudiantes a la hora de abordar un problema estequiométrico, por lo cual se planteó una secuencia didáctica, apoyada en el método de Mason, que permite mitigar esas dificultades y apropiarse del concepto de razonamiento proporcional. Para realizar este proyecto, se tuvieron en cuenta las fases o etapas que plantea una investigación del tipo participación-acción, además de estar direccionada por un enfoque mixto debido a que se presentan los resultados de forma cualitativa y cuantitativa.

Mucho se ha hablado de la estrecha relación que guardan las matemáticas y la química, a tal punto que la mayoría de las dificultades en esta última tienen su principio en el manejo de algoritmos y la resolución de problemas. Entonces, este trabajo se centró en observar y analizar cómo los instrumentos aplicados de la secuencia didáctica permitieron que los estudiantes adquirieran habilidades para resolver problemas de estequiometría y, de esta forma, facilitaron el aprendizaje de los conceptos abstractos que ahí se manejan.

Este trabajo se inicia con la descripción del problema basado en la revisión que se hizo de los antecedentes teóricos que trabajan las temáticas de proporcionalidad, estequiometría, resolución de problemas y metacognición. A partir de esto, se elaboró una síntesis detallada de los principales autores que han realizado aportes al estudio de la estequiometría y su relación con las matemáticas. Luego, se procede a formular y proponer el diseño metodológico al tener en cuenta las fases de un proceso de investigación- acción y hacer las respectivas descripciones de lo que se va a desarrollar en cada una de las etapas (pre- investigación, diagnóstico, planeación, intervención y evaluación).

Finalmente, para la recopilación de los resultados obtenidos en cada una de las actividades de la secuencia didáctica, se proponen instrumentos de análisis de la información, se enumeran los hallazgos obtenidos y se realizan las recomendaciones para tener en cuenta en futuros trabajos que puedan dar continuidad a esta investigación.

MARCO CONCEPTUAL

El desarrollo del fundamento teórico de esta investigación comienza con la definición de conceptos matemáticos como problema y todas sus propiedades. Luego, se hace una revisión acerca de la metacognición y su relación con la resolución de problemas, y se describen las características de la proporcionalidad. Por último, se aborda lo relacionado con la estequiometría.

Definición del problema

Obando y Muñera (2003) definen el concepto de situación problema de la siguiente manera.

Una situación problema la podemos interpretar como un contexto de participación colectiva para el aprendizaje, en el que los estudiantes, al interactuar entre ellos mismos, y con el profesor, a través del objeto de conocimiento, dinamizan su actividad matemática, generando procesos conducentes a la construcción de nuevos conocimientos. Así, ella debe permitir la acción, la exploración, la sistematización, la confrontación, el debate, la evaluación, la autoevaluación, la heteroevaluación. (p. 185)

Dificultades en la resolución de un problema

Se habla de las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y esto implica necesariamente la forma como abordamos un problema y las complicaciones que eso trae. Duval (1999) nos menciona que, para identificar las dificultades en el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas, es indispensable tener en cuenta a los estudiantes, los procedimientos que realizan espontáneamente, los errores en los que incurren y las incomprensiones persistentes que se dan en ellos. Además, se hace evidente la profundidad de los obstáculos relativos a los razonamientos cuando se introducen demostraciones, aplicación de teoremas complejos y conocimientos matemáticos que conducen a situaciones no matemáticas. En conclusión, el currículo debe enfrentar una enorme lista de problemas que incluyen la complejidad de cada una de las nociones matemáticas.

Estrategias de resolución de problemas

La resolución de problemas es un factor importante dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. De acuerdo con lo establecido por el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), en la década de los 80, la resolución de problemas debe ser el eje de la enseñanza de la matemática escolar (Blanco, 2015), como una forma de hacer matemática, sin que se convierta en un único objetivo, en el que la comunicación y el razonamiento es importante (Conejo y Ortega, 2013). Uno de los aspectos que se ha investigado últimamente con relación al planteamiento de estrategias de resolución de problemas es la influencia del aspecto emocional y afectivo. Si la persona que se enfrenta al problema está lo suficientemente motivada va a ser más fácil llegar a la solución. Precisamente, uno de los métodos que tiene en cuenta la parte emocional es el planteado por Mason, Burton y Stacey (1982). Ellos plantean 3 pasos sencillos para llegar a la resolución efectiva de un problema. Estos pasos son: abordaje, ataque y revisión. Dentro de esta metodología, y a partir de los tres pasos mencionados, se pueden organizar las ideas acerca de la resolución del problema y esta organización permite una recuperación posterior de los conceptos, tal y como lo establece los procesos direccionados por la metacognición (Osses, 2008).

Metacognición en la resolución de problemas

Las estrategias metacognitivas son adecuadas para llegar a la resolución de un problema puesto que permiten el desarrollo de actividades que implican la autonomía en cuanto a la revisión, la supervisión y la elección de la cantidad y la forma de seleccionar la instrucción necesaria para llevar a cabo la tarea propuesta. A esto se le suma el factor emocional respecto a la motivación que se necesita al abordar un problema. De ahí parte la importancia que tienen las estrategias metacognitivas en la educación, ya que los estudiantes se hallan constantemente ante nuevas tareas de aprendizaje, que permiten que ellos aprendan a aprender de forma autónoma y autoregulada (Osses y Jaramillo, 2008).

Razón y proporción

De acuerdo con la definición 3 sobre razón y la definición 5 sobre proporción que se presentan en el Libro V de los elementos de Euclides, definimos razón como “una cantidad, o está relacionada a una cantidad, adicional a los números y magnitudes, es una comparación o relación binaria de segundo orden, un arreglo o secuencias ordenadas de magnitudes o un número real” (Guacaneme, 2009 p. 114).

Estequiometría

La estequiometría es la rama de la química que se encarga del cálculo de las relaciones cuantitativas que se dan entre los compuestos químicos implicados en una reacción química. Al establecer este tipo de relaciones, su aprendizaje favorece a que se desarrollen las habilidades de pensamiento y acción (Obando, 2013). Es un concepto ideado por el químico alemán Jeremías Richter para dar una explicación a la cuantificación de las proporciones ponderales (masas) con las que se combinaban los elementos en los compuestos químicos, que surgen a partir de la búsqueda de las regularidades en las proporciones de pesos en combinación (Furió y Padilla, 2003).

Relaciones cuantitativas en química y proporcionalidad

A partir de lo que se puede entender a cerca de las leyes que rigen la estequiometría, se concluye que hay una relación entre esta rama de la química y la proporcionalidad. Como lo establece Romero (2014), al citar a Castelán y Hernández (2009), al resolver problemas de estequiometría es fundamental que los estudiantes sepan establecer relaciones (razones) y proporciones, además que logren comprender lo que hacen, sin que realicen algoritmos de manera mecánica. Así que la función del docente es promover el desarrollo de esas habilidades de pensamiento en los estudiantes para que se puedan plantear razones y proporciones que permitan resolver los problemas estequiométricos.

Dificultades en los procesos de enseñanza – aprendizaje de la estequiometría

Una de las dificultades más grandes que se encuentra en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la estequiometría está relacionada justamente con la resolución de problemas en los que se deben establecer criterios de proporcionalidad y los estudiantes deben enfrentar con los procesos matemáticos dentro de contextos químicos. Ante esto último, existen varias causas entre las que se encuentran la carencia del suficiente conocimiento matemático, la falta de habilidad para aplicar e interpretar ese conocimiento o para transferirlo al conocimiento químico y el hecho de que los docentes de matemáticas y química generalmente trabajan por separado al enfocarse en sus respectivas materias (Ramful y Narod, 2014).

METODOLOGÍA

La investigación se estructura desde un enfoque mixto, el cual facilita la indagación de experiencias significativas en procesos educativos, especialmente sobre el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas y, en este caso, de una ciencia que se relaciona con ellas: la estequiometría. El método mixto llega a ser apropiado para aportar resultados eficaces y de igual manera mantiene los detalles adecuados sobre los procesos educativos para que sean válidos y replicables, al añadir comprensiones que pueden perderse con un solo método (Castro y Godino, 2011). Otro aspecto que refuerza la concepción de un enfoque mixto es la forma de recolección de datos, al usar cuestionarios que llevan a responder nociones cualitativas y cuantitativas. Además, la principal fuente de recolección de datos va a ser los estudiantes.

Por otro lado, a nivel general, en el trabajo se tienen en cuenta las fases del proceso de investigación-acción, ya que “propicia la reflexión del profesorado sobre su práctica docente, conduciéndola a introducir cambios con el fin de mejorarla” (Blández, 2000, p. 27). Por lo tanto, el tipo de investigación denominado investigación-acción fue el que direccionó la siguiente propuesta de trabajo con las siguientes etapas: pre-investigación, diagnóstico, planeación de la intervención, acción y análisis, y evaluación. Para la etapa de intervención, se propuso el diseño y aplicación de una secuencia didáctica que contenía actividades para fortalecer las habilidades metacognitivas. Como se mencionó anteriormente, y según los estudios de Osses y Jaramillo (2008), las habilidades metacognitivas juegan un papel importante en la solución de problemas. Además, se toman los pasos del método de Mason et al. (1982) para guiar a los estudiantes a llegar a la solución de un problema de forma asertiva. De esta forma, en una guía de trabajo, se propone a los estudiantes una serie de interrogantes que les permiten abordar un problema de acuerdo con la fase del método de Mason et al. (1982) que se quiera aplicar. Es decir, para la fase de abordaje, se realizó una serie

de preguntas que centraron a los estudiantes respecto a qué es lo que requiere el problema. Se trabaja de igual manera con las fases de ataque y revisión. En la figura 1, se presenta el resumen de la secuencia didáctica propuesta para la fase de intervención. Se asocian las siguientes habilidades metacognitivas: comprensión, atención, elaboración, verificación, memorización, recuperación y evaluación.

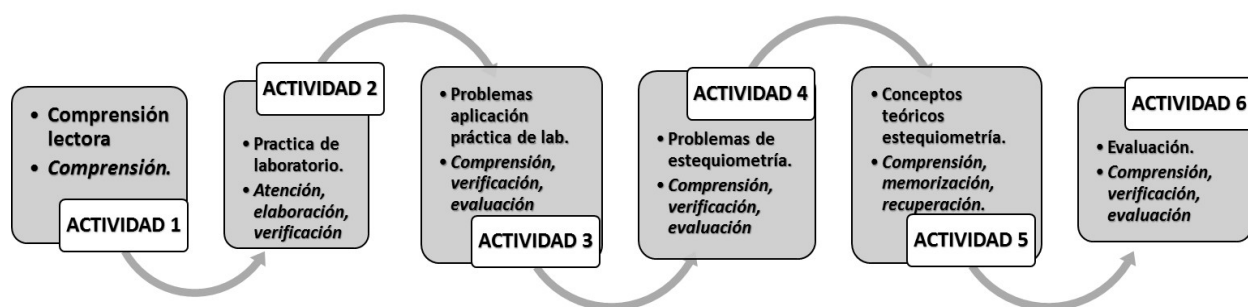


Figura 1. Resumen de la secuencia didáctica propuesta para la fase de intervención

Luego de diseñar la secuencia didáctica, se aplicó esta metodología a lo largo de 7 sesiones de clase. Cada clase duró 110 minutos.

RESULTADOS

Para la fase de diagnóstico, se encontró que los estudiantes presentan varias dificultades en cuanto a la resolución de problemas que conllevan el uso de la proporcionalidad en la estequiometría. Estas dificultades se manifestaron en el empleo inadecuado paso a paso de los algoritmos que se requerían para resolver el problema. Además, se encontraron dificultades en el planteamiento de la alternativa de solución y en la relación de los conceptos de estequiometría con los procedimientos matemáticos.

Luego, al aplicar la secuencia didáctica mediada por las habilidades metacognitivas, la mayoría de los estudiantes reconoció los datos que le proporciona el problema y lo que les demanda para resolverlo. Sin embargo, se les dificultó un poco la jerarquización de los datos para establecer qué ruta seguir en la resolución del problema. Cuando se proporcionó a los estudiantes una serie de pasos secuenciales para la resolución del problema, que tenían en cuenta las habilidades metacognitivas, sus dificultades disminuyeron notablemente. Por otro lado, para la mayoría de los estudiantes, tener una guía que direcciona el proceso de resolución de problemas estequiométricos facilitó de manera marcada llegar a su solución. Si no se facilitan explícitamente esos lineamientos, los estudiantes tienden a incurrir en errores al establecer las relaciones proporcionales y al aplicar los algoritmos para resolver el problema.

En cuanto a la aplicación del método de Mason et al. (1982), a partir de la guía que se les proporcionó con preguntas relacionadas a cada uno de los tres pasos que indica este método, el 54% de los estudiantes pudieron resolver sin dificultad problemas de estequiometría (ver anexo 1). Solamente el 20% de ellos no logró seguir con los pasos y se les dificultó la resolución de las

situaciones problemáticas. El porcentaje restante, aunque mejoró en su proceso, presentó dificultades para llegar a la respuesta correcta.

Finalmente, para la relación entre estequiometría y razonamiento proporcional, a partir de la secuencia didáctica mediada por la metacognición, el 80% de los estudiantes identificaron con claridad la proporcionalidad directa que hay entre las cantidades estequiométricas. Para ellos fue claro que, si un valor molar de un reactivo aumentaba, el valor molar del producto al cual se le relacionaba también aumentaba, o viceversa. Pese a ello, aún se presentan inconvenientes para expresar esta relación como proporción 1:1 o 1:2.

CONCLUSIONES

Se demostró que, para los estudiantes del ciclo V Colegio Campestre Monteverde IED, una estrategia pedagógica para resolver problemas de estequiometría, mediada por la metacognición, facilitó los procesos de enseñanza aprendizaje de esta temática clave en química. Se diseñó una secuencia didáctica que recoge una serie de actividades mediadas por la metacognición, además de emplear el método de Mason sobre resolución de problemas. Estas estrategias, pero sobre todo el paso a paso del método de Mason, permitieron que los estudiantes resolvieran problemas de proporcionalidad en estequiometría de una forma más sencilla.

Se identificaron las dificultades que presentan los estudiantes al resolver problemas de estequiometría. Estas dificultades están relacionadas con las pocas bases en cuanto al manejo de algoritmos y al razonamiento proporcional que son necesarios para solucionar los problemas planteados de la temática de química. También, se encontró que es habitual el uso mecánico de la regla de tres en algunos casos. A pesar de que los estudiantes lograron identificar las relaciones de proporcionalidad con las cantidades estequiométricas, aún se les dificulta expresarlas de forma matemática. Es decir, ellos tienen dificultades para hablar de proporciones 2:1 o 2:2.

Es necesario que los conceptos matemáticos estén ligados a la formación química. Por lo tanto, es importante ajustar los planes de estudio en las dos asignaturas con el fin de lograr mejores resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, no solo de los conceptos químicos, sino de los matemáticos.

REFERENCIAS

- Blanco, L. J.; Cárdenas, J. A.; Caballero, A., (2015). *La resolución de problemas de matemáticas en la formación inicial de profesores de primaria*. Cáceres, España: Universidad de Extremadura.
- Blández, J. (2000). *La investigación acción: un reto para el profesorado. Guía práctica para grupos de trabajo, seminarios y equipos de investigación*. 2a ed. Barcelona, España: Inde Publicaciones. Recuperado de <http://bit.ly/2JKQ6PG>
- Castro, W. F.; Godino, J. D. (2011). Métodos mixtos de investigación en las contribuciones a los simposios de la SEIEM (1997-2010). En, M. Marín et al. (Eds), *Investigación en Educación Matemática XV* (pp. 99-116). Ciudad Real, España: SEIEM.
- Duval, R. (1999). *Los problemas fundamentales en el aprendizaje de las matemáticas y las formas superiores en el desarrollo cognitivo*. [Traducido al español de Les problèmes fondamentaux de l'apprentissage des mathématiques et les formes supérieures du développement cognitif. Cours donné à l'Université du Valle] Cali: Universidad del Valle.

- Furió, C.; Padilla, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la cantidad de sustancia y el de mol. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 17, 55-74.
- Guacaneme, E. A. (2009). *Significados de los conceptos de razón y proporción en el libro V de los Elementos*. Trabajo presentado en IX Coloquio Regional de Matemáticas, Universidad de Nariño, Colombia.
- Mason, J.; Burton, L.; Stacey, K. (1982). *Pensar Matemáticamente*. Barcelona: Editorial Labor S. A.
- Obando, G.; Muñera, J. (2003). Las situaciones problema como estrategia para la conceptualización matemática. *Revista Educación y Pedagogía*. XV (35), 185-199
- Obando, M. S. (2013). *Implementación de estrategias didácticas para la enseñanza de la estequiometría en estudiantes de grado once de enseñanza media* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/10308/1/36758490.2013.pdf>
- Osses, B. S.; Jaramillo, M. S. (2008). Metacognición: Un camino para aprender a aprender. *Estudios Pedagógicos*, XXXIV(1), 187-197
- Ramful, A.; Narod, F. (2014). Proportional reasoning in the learning of chemistry: levels of complexity. *Mathematics Education Research Journal*, 26(1), 25-46. doi: 101007/813394-013-0110-7.
- Romero Pulido, N. I. (2014). *Relaciones cuantitativas en química y proporcionalidad* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/37198/1/1186778.2014.pdf>

ANEXO

Guía aplicada con los pasos de Mason, Burton y Stacey (1982).

ASIGNATURA: QUÍMICA
 TEMA: ESTEQUIOMETRÍA
 Nombre: Wenderson G. L. S. B. B. B. Curso: 712 Fecha: 19-Septiembre
 ACTIVIDAD 2
 PRÁCTICA DE LABORATORIO: ELABORACIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE: EL SLIME

Objetivos: Observar una reacción química de formación de un polímero biodegradable y a partir de ella realizar cálculos estequiométricos para determinar la formación de producto.
Establecer las relaciones que se dan entre los datos que se obtienen de las reacciones químicas involucradas en la práctica.
Introducción: Actualmente la vida cotidiana ha estado inmersa en el uso de los polímeros para ciertas actividades, por eso, dentro del aspecto ambiental, la preocupación se centra en la correcta disposición y manejo de estos residuos ya que es muy difícil su degradación y más cuando son polímeros obtenidos de derivados del petróleo. A partir de esto se han propuesto alternativas para mitigar esa problemática ambiental, entre las alternativas se encuentran: el reciclaje de materiales fabricados con polímeros mediante su transformación en otros objetos, el uso de materias primas renovables en la fabricación de los polímeros y la fabricación de polímeros biodegradables. En esta práctica se quiere producir un polímero biodegradable llamado slime, el cual se utiliza para elaborar efectos especiales en maquillaje, como máscaras, heridas etc.
Resultados.
Formación de un polímero biodegradable.

Procedimiento.	Dibujo.	Observaciones.
1. Para elaborar el slime se puede emplear ácido bórico o bórax combinado con ácido clorhídrico para obtener el ácido bórico y luego combinarlo con el alcohol polivinílico.		Al mezclar la mezcla fue hirviendo se dio cuenta que quedaba bastante viscoso el colorante líquido que quedaba (algunos puntos blancos)
2. Se toman 100g de alcohol polivinílico y se mezclan con 100 mL de agua caliente y se continúa el calentamiento.		
3. Cuando esté bien mezclado, adicione colorante de alimentos, siga con el calentamiento y con la agitación. ¿Qué aspecto tiene la mezcla?		
4. Se agregan 5g de ácido bórico y se retira del fuego.		
5. Se sigue agitando hasta encontrar la consistencia adecuada y se moldea con las manos.		

Análisis de resultados:
 Observa las reacciones implicadas en la formación del slime:
 Reacción de formación del slime:

Reacción de formación del ácido bórico a partir de bórax y ácido clorhídrico:

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl \rightarrow 4HBO_2 + 2NaCl + H_2O$$

$Na_2B_4O_7 + 2HCl$

- Elabore un listado de los compuestos implicados en la reacción de formación del ácido bórico a partir del bórax y el ácido clorhídrico. Para esto, ten en cuenta la cantidad de moles y los gramos de cada compuesto. 1 mol de bórax pesa 382g, 2 moles de HCl pesa 72g, 4 moles de ácido bórico pesa 248g, 2 moles de cloruro de sodio pesa 116g, 4.5 moles de agua pesa 81g.
- A partir del punto anterior determine cuál es la relación que hay entre moles empleadas de ácido clorhídrico y las moles producidas de ácido bórico. que tienen en común los hidrógenos y también el metal, con 2 moles de HCl se producen 4 H₂BO₃
- Convierta a moles los 100g de ácido bórico empleados en la práctica. 7.61 moles
- Para los dos problemas que se presentan a continuación, contesta las siguientes preguntas:

FASES PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	PROBLEMA N° 5	PROBLEMA N° 6
Primera fase: ¿Qué está pidiendo el problema?	Hallar moles	Hallar moles
¿Qué datos están dando?	3 moles de Bórax	50g de HCl
¿Con esos datos se puede dar solución al problema? ¿por qué?	Si porque nos dan moles	Si porque podemos pasar gramos a moles
¿Cómo se podría resolver el problema?	de moles a moles	de gramos a moles
Segunda fase: ¿Qué datos se necesitan para resolver el problema?	moles de cada compuesto	moles y gramos de los compuestos
¿Es posible relacionar una cantidad como las moles con los gramos? ¿Cómo sería esta relación?	$\frac{4 \text{ moles}}{7 \text{ mol}} = \frac{x \text{ moles}}{3 \text{ moles}}$	$\frac{4 \text{ moles}}{72g \text{ HCl}} = \frac{x \text{ moles}}{50g \text{ HCl}}$
Tercera fase: ¿Qué proceso dificultó la resolución del problema?	Ninguno, no había dificultad.	Al principio los gramos nos confundían, pero después hallar la solución.

completa la tabla anterior, trabajando los problemas 5 y 6 que se muestran a continuación:
 ¿Cuántas moles de ácido bórico se producen a partir de 3 moles de bórax?
 $4 \text{ moles } H_2BO_3 \times 3 \text{ moles } Na_2B_4O_7 = 10 H_2O \div 7 \text{ mol } Na_2B_4O_7 = 12 \text{ moles}$
 ¿Cuántas moles de ácido bórico se producen a partir de 50g de HCl?
2.7 moles H₂BO₃

Externado